



M5.5.3.8 辅助动力装置

修订批准页:

1


版次	修订时间	编写/改版	修订说明	审核/时间	审批/时间
R0	2020.06.14	谈海军	新编课件	谈海军 2020.08.07	张玉 2020.08.11

目的与要求:

目的	通过本次课程的学习，掌握功用和组成，工作系统，典型辅助动力装置（APU）系统维护介绍
要求	<ol style="list-style-type: none">1. APU 的作用和工作特点2. APU 组成结构3. 工作系统4. 典型辅助动力装置（APU）常见维护及安全注意事项

课程安排:

序号	内容	等级	课时
1	功用和组成		1H
2	工作系统		4H
3	典型APU发动机维护介绍		1H

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background of the slide.

5.3.8.1 功用和组成

5.3.8.2 工作系统

5.3.8.3 典型辅助动力装置(APU)系统维护介绍



5.3.8.1 功用和组成

1.1 APU 的作用

目的：提供电源和气源

位置：飞机机身尾部

模式

- ◆ 地面提供电源和气源
- ◆ 空中，备用电源或气源

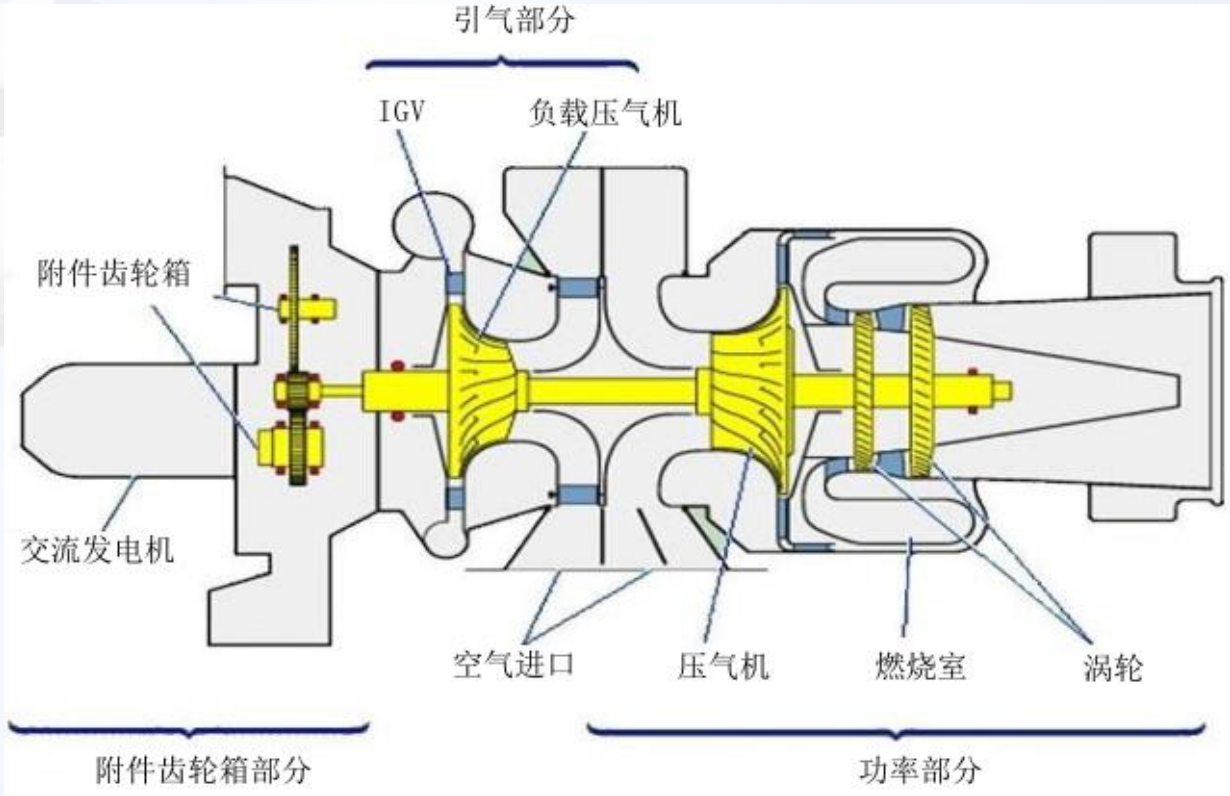
作用

- ◆ 客舱和驾驶舱内照明和空调，舒适的客舱环境
- ◆ APU启动主发动机
- ◆ APU保证发动机空中关车后再启动主要设备

1.2 APU 的组成及特点

主要部分

- ◆ 功率部分
- ◆ 引气部分
- ◆ 附件齿轮箱部分



a. 功率部分

- 作用 {
- ◆ 动力驱动负载压气机和附件齿轮箱工作
 - ◆ 结构形式结构考虑APU的特点和尺寸限制

APU功率部分**结构形式**的选择主要考虑APU的**特点和尺寸**限制

压气机	增压空气, 多级离心式压气机	● 压气机性能好 ● 寿命长 ● 尺寸短 ● 不容易被外来物损伤
燃烧室	早期单管燃烧室	
	环形回流式燃烧室	有效缩短了APU的轴向尺寸
涡轮	小型: 径向式涡轮	
	大型: 2级或多级轴流式涡轮	

b 引气部分

提供压力为30 ~ 45PSI的引气

引气方法

从功率部分的压气机引气

从单独的负载压气机引气

- ◆ 飞机不要引气，可以断开负载压气机引气，
- ◆ 功率部分工作负荷小，APU排气温度低，不易达到限制值
- ◆ 进入负载压气机的空气IGV (Inlet Guide Vane) 控制，可以根据需求改变引气量

效率高、寿命长

c 供气特点

- ◆ 主发动机工作后，APU不需要供电供气
- ◆ 当APU达到受控转速时，才允许引气
- ◆ 地面起动主发动机时，禁止空调供气

d 附件齿轮箱部分

a) 附件齿轮箱

起动机

交流发电机

燃油泵

滑油泵

APU恒速工作，发电机无恒速装置

b) APU发电机特点

- ◆ 备用电源，有1发电机，大的2个发电机，A380
- ◆ APU恒速工作，发电机无恒速装置

e APU工作系统

APU燃油系统

APU起动点火系统

APU引气系统

APU控制

APU指示系统

APU排气系统

APU滑油系统

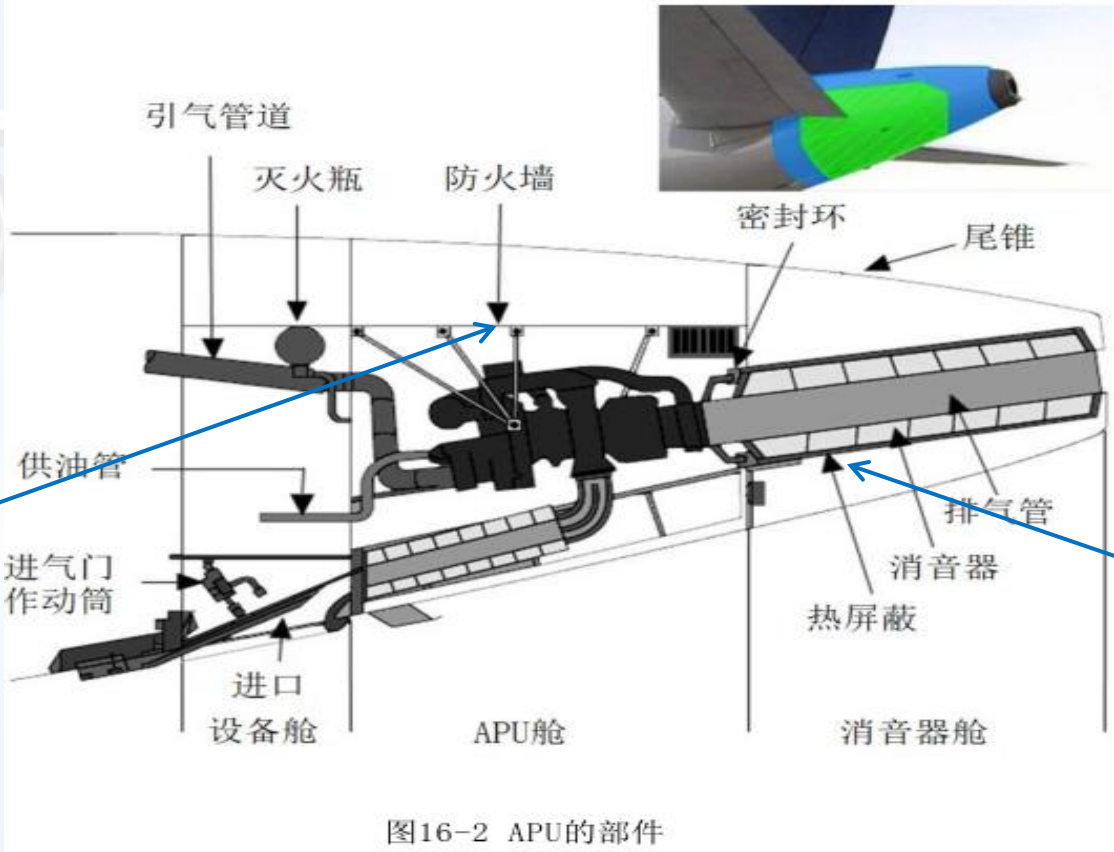
1.3 APU 的部件和安装

a 位置和组成

飞机后部，尾锥连到机身结构，为APU的支撑和整流罩

- 设备舱
- APU舱
- 消音器舱

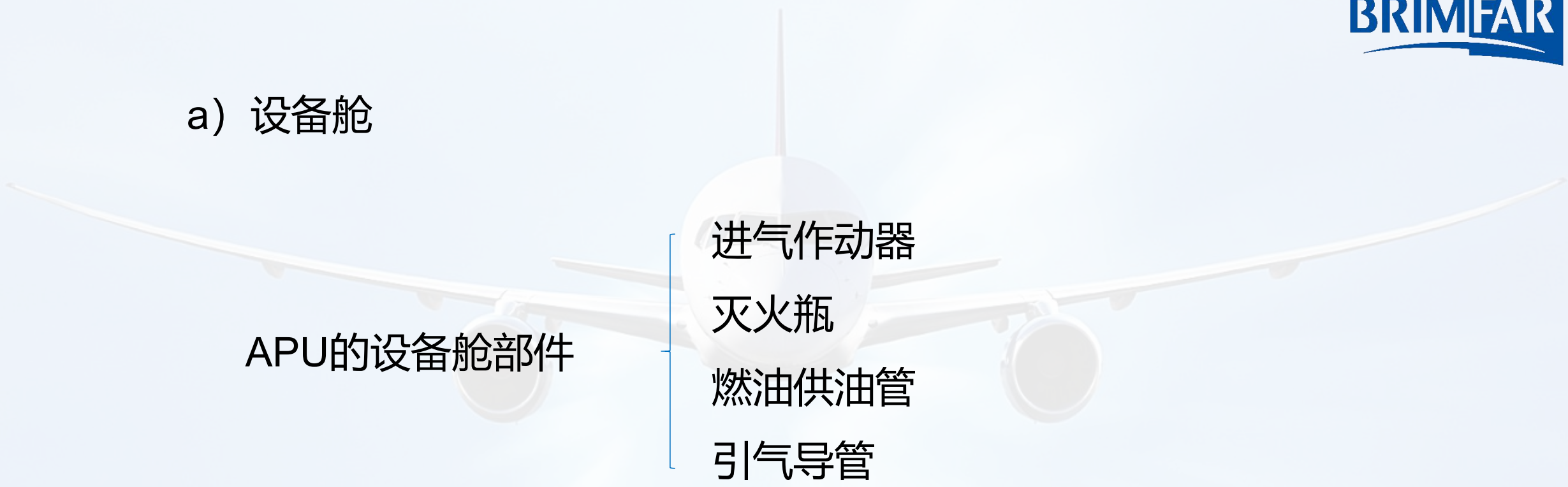
防止高温火焰对机身的影响



保护周围的区域和设备，抵御热辐射

a) 设备舱

APU的设备舱部件

A faint, light-colored illustration of an aircraft from a top-down perspective, centered on the tail section. A blue bracket on the right side of the tail section groups four labels: '进气作动器', '灭火瓶', '燃油供油管', and '引气导管'.

进气作动器

灭火瓶

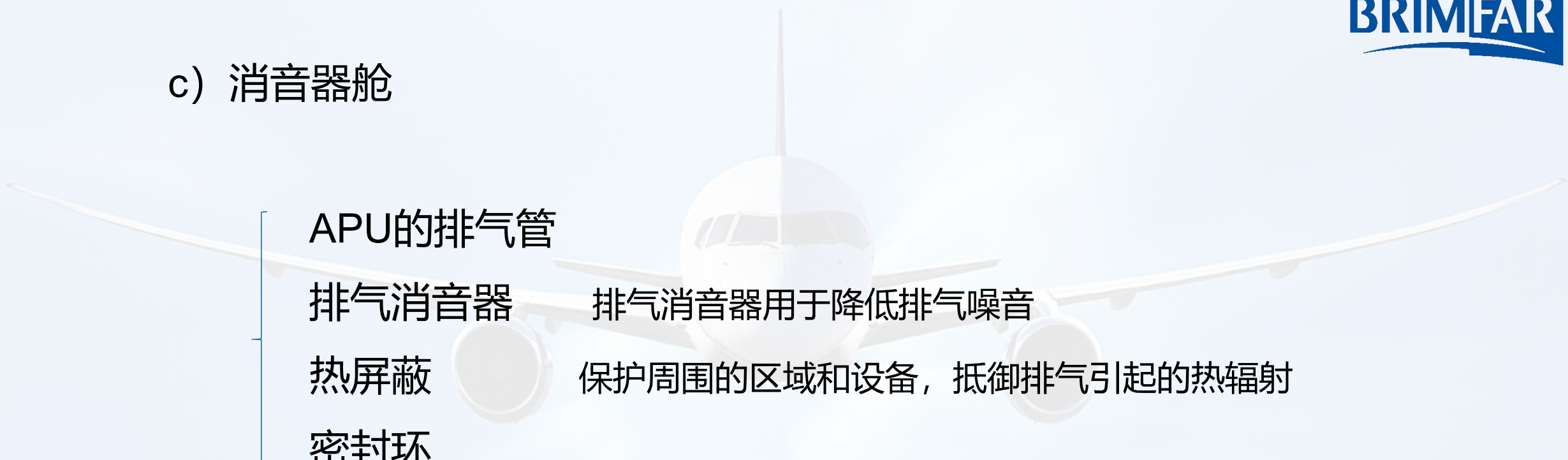
燃油供油管

引气导管

b) APU舱

APU本体位于APU舱，APU舱内的防火墙用于防止高温火焰对机身的影响

c) 消音器舱

A light blue silhouette of an aircraft is centered in the background. A blue bracket on the left side of the image groups four text labels: 'APU的排气管', '排气消音器', '热屏蔽', and '密封环'. To the right of these labels, two lines of descriptive text are provided: '排气消音器用于降低排气噪音' and '保护周围的区域和设备, 抵御排气引起的热辐射'.

APU的排气管

排气消音器

排气消音器用于降低排气噪音

热屏蔽

保护周围的区域和设备, 抵御排气引起的热辐射

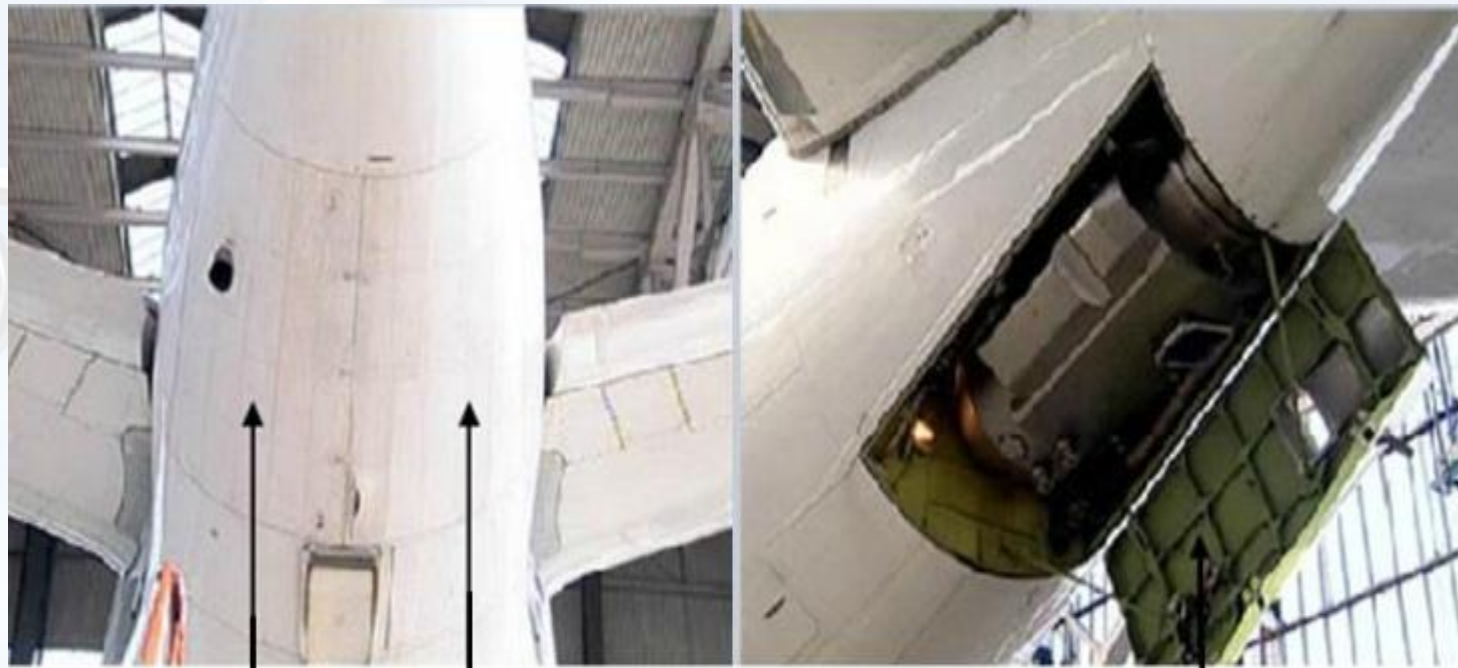
密封环

b APU的排气类型

- ◆ 排气消音器密封环阻止任何排气漏进APU舱，密封环也防止空气进入APU舱引起着火
- ◆ 空气冷却系统，两个管道，排气管排出的同时，起引射，空气被引射进入排气消音器和热屏蔽之间的环形通道，起到冷却消音器舱的作用

c APU检查门

- ◆ 自身重力打开推到全开位
- ◆ 内侧撑杆固定最大打开位
- ◆ 机身铰链快卸销拆装检查门

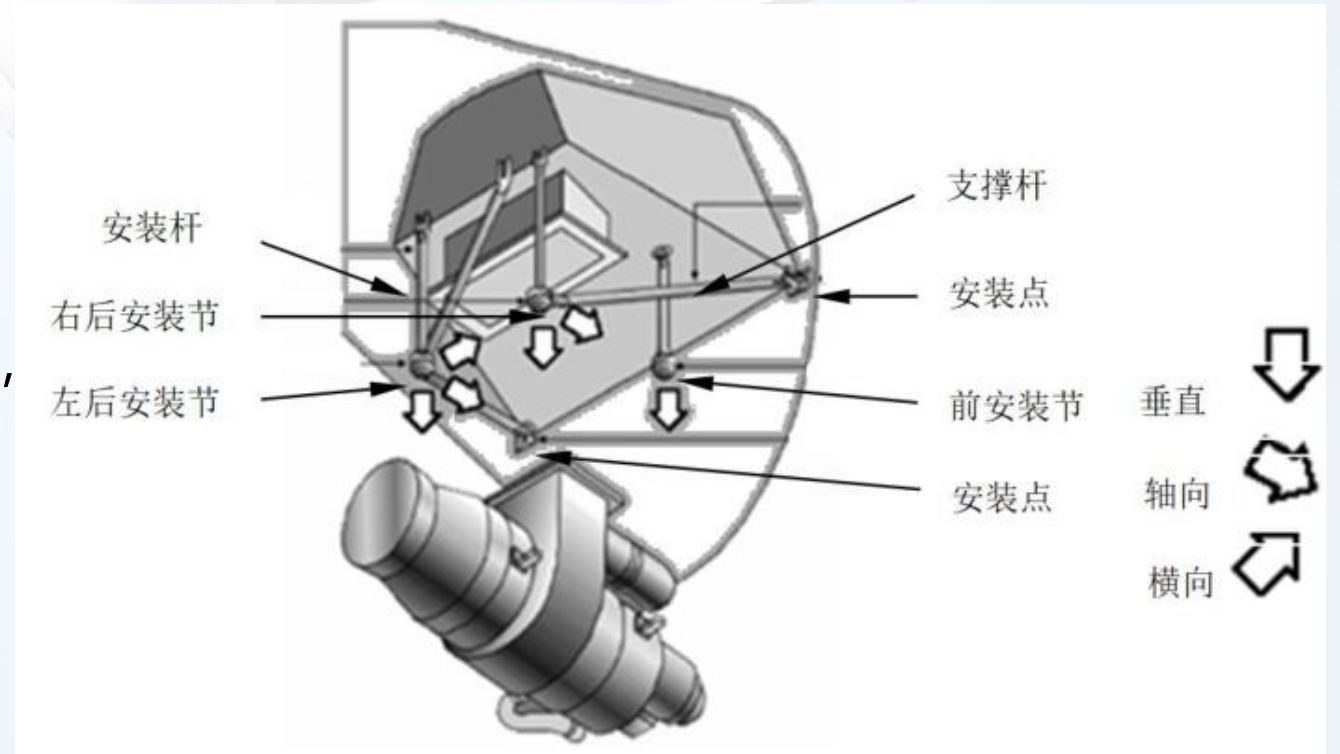


d APU安装杆

APU安装杆连接到APU舱内结构的安装点上，APU连接到安装杆的**三个**安装节上

- ◆ 左后安装节是固定的，
- ◆ 右后和前安装节是浮动的
(允许热膨胀下的有限移动)

所有安装节传递垂直载荷到飞机结构，
左后和右后从APU传递轴向载荷到
飞机结构，左后从APU传递横向载
荷到飞机结构



e APU拆卸

两种吊装方法

◆ 起吊设备

◆ 液压升降车

液压升降车、转换器和维护平台

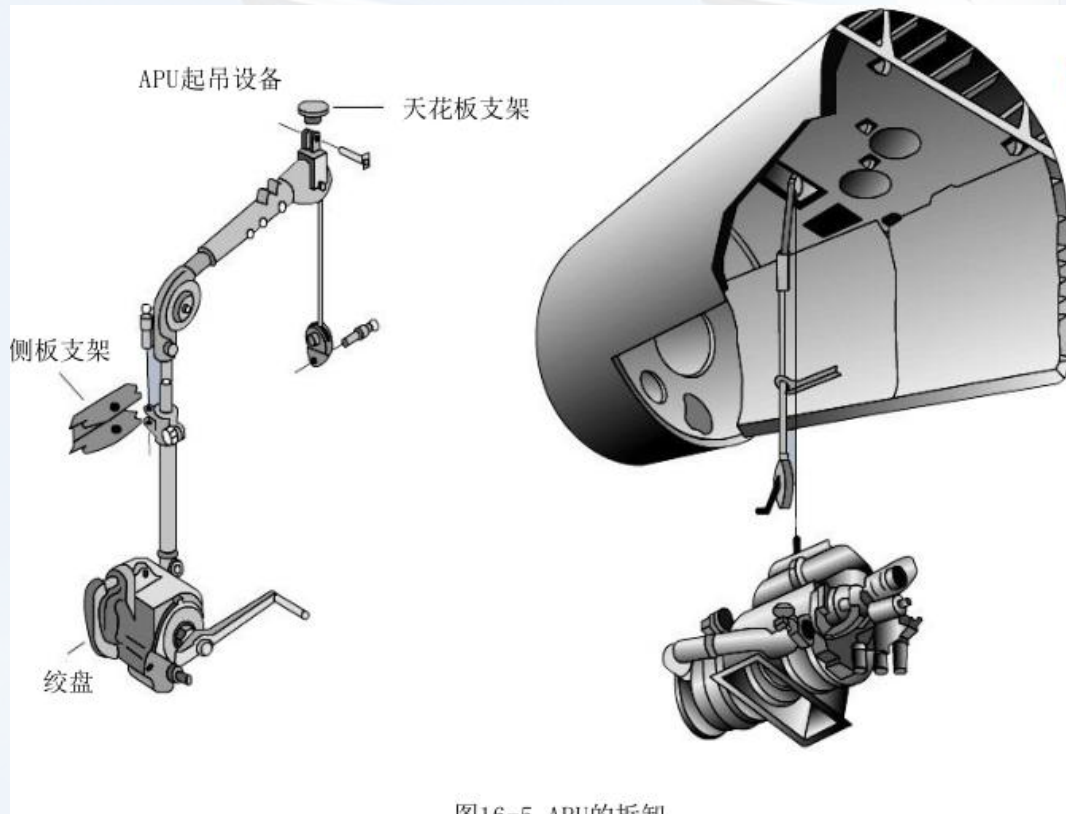
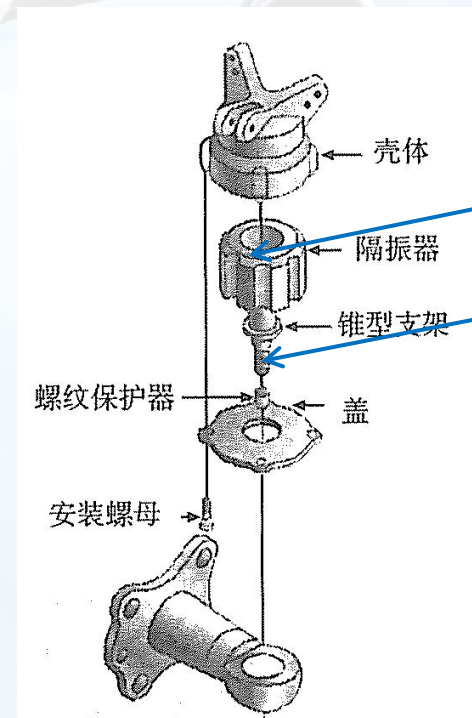


图16-5 APU的拆卸



减振组件，阻尼APU振动。
由弹簧或隔振器实现。

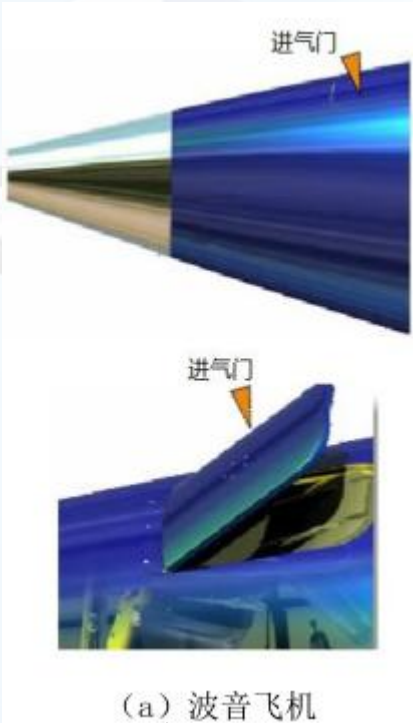
拆卸时保护锥形
螺栓的螺纹

1.4 APU 的进气

概述

主要部件

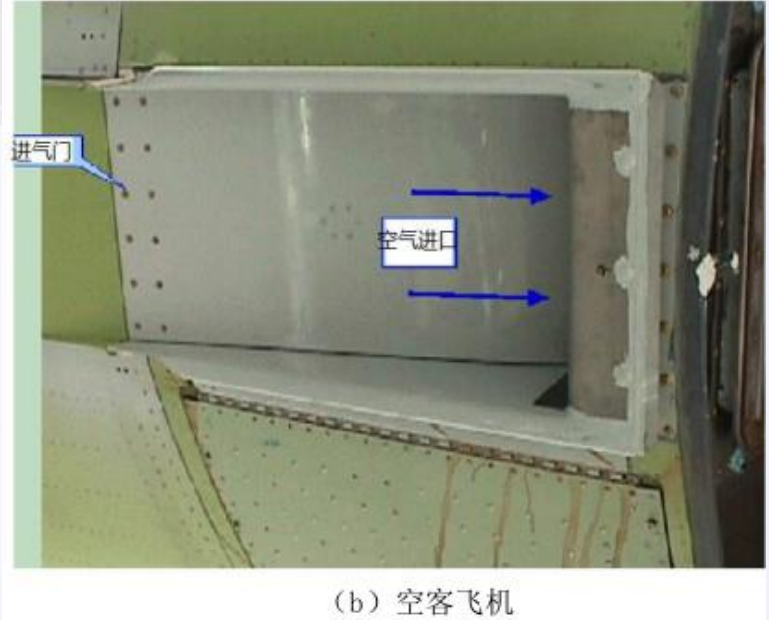
- 空气进气门
- 进气门作动筒
- 进气道



(a) 波音飞机

波音尾部机身的右侧

空客飞机尾部的下面



(b) 空客飞机

a 空气进气门

APU工作 进气门打开 APU停止 进气门关闭

进气门作动筒 开或关APU进气门

APU进气门由位置电门监视，确保APU只能在进气门打开时运行

进气门要求 { 防止鸟和碎片
飞行中减少气动阻力

进气门前部的调节片

- ◆ 增加进入进气道的冲压空气，
- ◆ 防止进气道的气流扰动
- ◆ 阻断沿着机身蒙皮流动的液体进入进气道
- ◆ 减少火灾的危险

b APU进气道

组成

- ◆ 进口端部
- ◆ 管道
- ◆ 空气进口弯管

特点

- ◆ APU进气道扩散通道，引气并增加空气的静压
- ◆ 进口弯管内导流叶片改善空气的流动
- ◆ 进气道和飞机结构密封确保气流平滑地进入进气道，防火

c 进气目的

- ◆ 进气通道扩张形状, 引导空气到APU, 增加静压, 燃烧
- ◆ APU发电机冷却
- ◆ 滑油冷却器

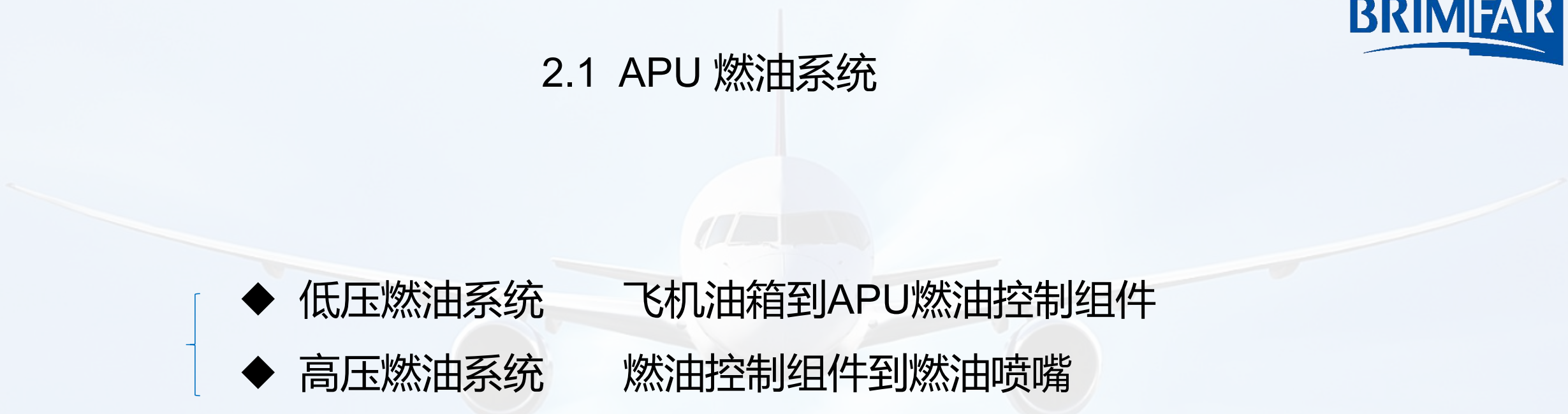
A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background, showing the fuselage, wings, and engines.

5.3.8.2 工作系统

APU子系统

- ◆ 燃油系统
- ◆ 起动点火系统
- ◆ 引气系统
- ◆ 控制系统
- ◆ 指示系统
- ◆ 排气系统
- ◆ 滑油系统

2.1 APU 燃油系统

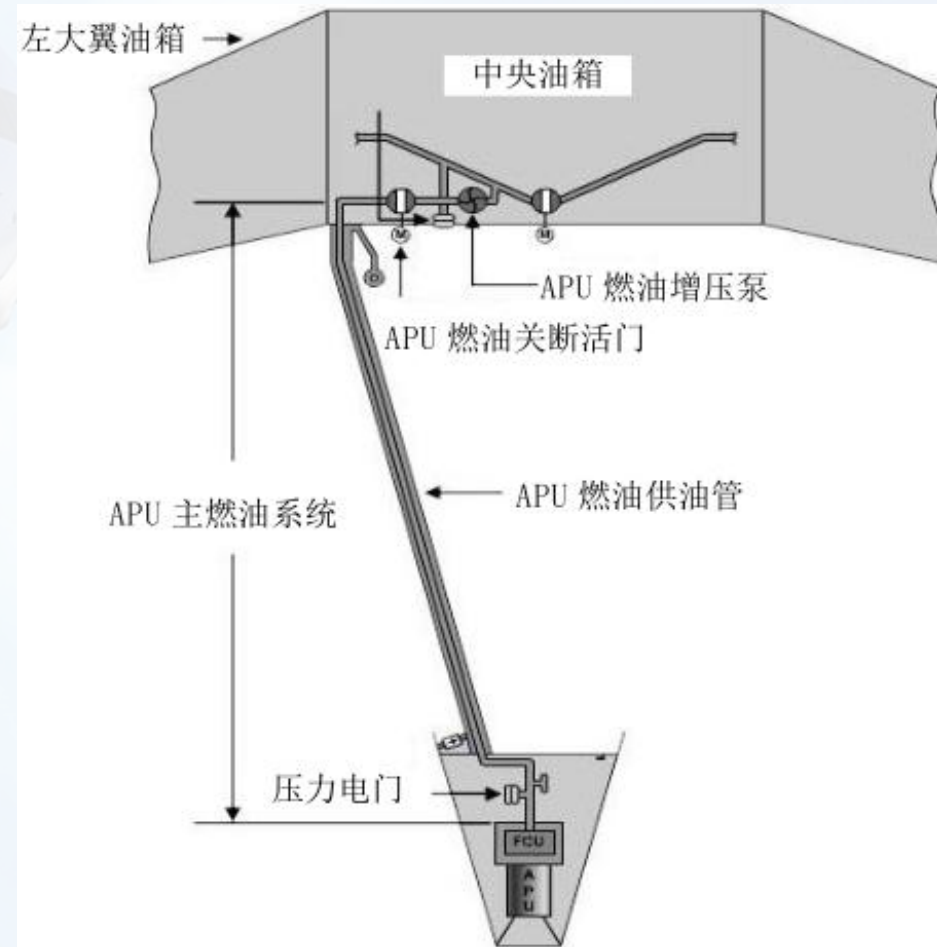
- 
- ◆ 低压燃油系统 飞机油箱到APU燃油控制组件
 - ◆ 高压燃油系统 燃油控制组件到燃油喷嘴

a 低压燃油系统

部件

- a) APU燃油增压泵
- b) 燃油关断活门
- c) 供油管路
- d) 压力电门

左主油箱为APU供应燃油



a) APU燃油增压泵

位置: 中央油箱的后墙上或者在左侧内主油箱的后梁上

组成: 内部有单向活门, 拆卸时燃油不会泄露

工作:

- ◆ 取决于油箱增压泵是否工作和飞机的种类
- ◆ 不工作时, 油箱增压泵旁通APU燃油增压泵到APU高压燃油泵

类型: 电动离心泵 {

- ◆ 波音直流电动泵, 单独APU电瓶或飞机电瓶供电
- ◆ 空客用交流电动泵, 电瓶经静变流机供电

b) 燃油关断活门

位于APU燃油增压泵的附近，ECB控制，关断油箱到APU的供油管路

C) 供油管路

中央油箱的上壁→主轮舱舱顶→主轮舱后部的密封隔框→后货
舱→密封隔框机身→左侧机身内侧壁→APU舱

d) 压力电门

位置： APU低压燃油系统出口

作用： 监测APU高压燃油系统压力，低于设定值，低压警告

b APU高压燃油系统

a) 高压燃油作用

- 燃烧室供应燃油
- 操纵进口导流叶片作动筒
- 操纵防喘控制活门

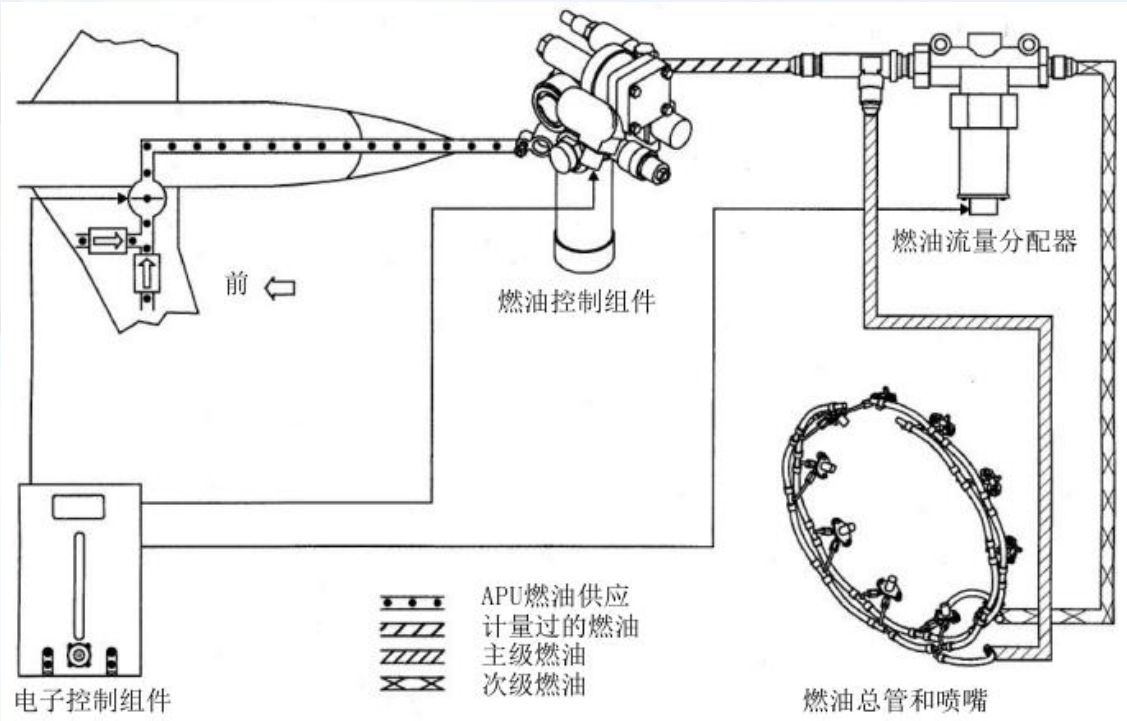
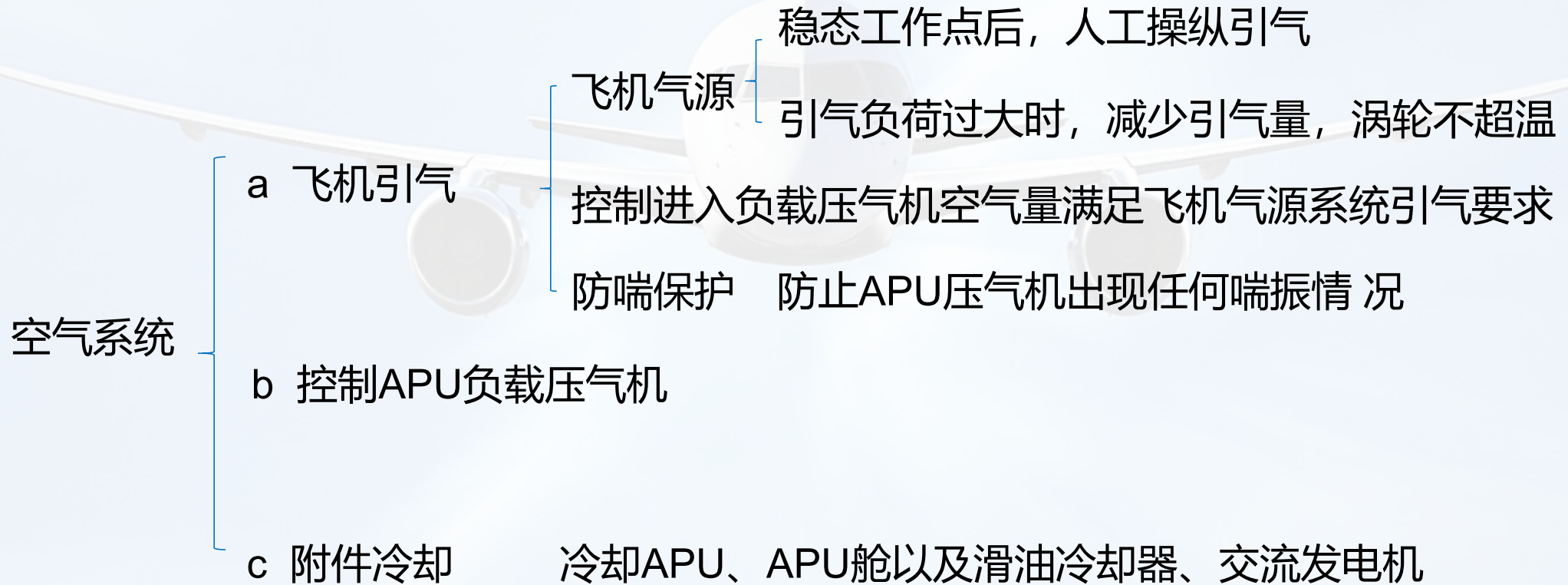


图16-9 APU的高压燃油系统

b) 高压燃油工作

- ◆ 电子控制组件ECU (Electronic Control Unit) 为起动和工作计算燃油。
- ◆ ECU给FCU提供燃油流量的命令信号
- ◆ 燃油供往燃油控制组件FCU (Fuel Control Unit) , 计量燃油,
- ◆ FCU给燃油分配器和燃油分配器电磁活门供应正确的燃油流量, 并且给进气导向叶片作动器和防喘控制活门供应伺服燃油。
- ◆ 燃油流量分配器电磁线圈从ECU得到信号, 计量好的燃油供到主、副燃油总管,
- ◆ 燃油总管将燃油供给燃油喷嘴, 燃油喷嘴将计量好的燃油供给APU的燃烧室。

2.2 空气系统



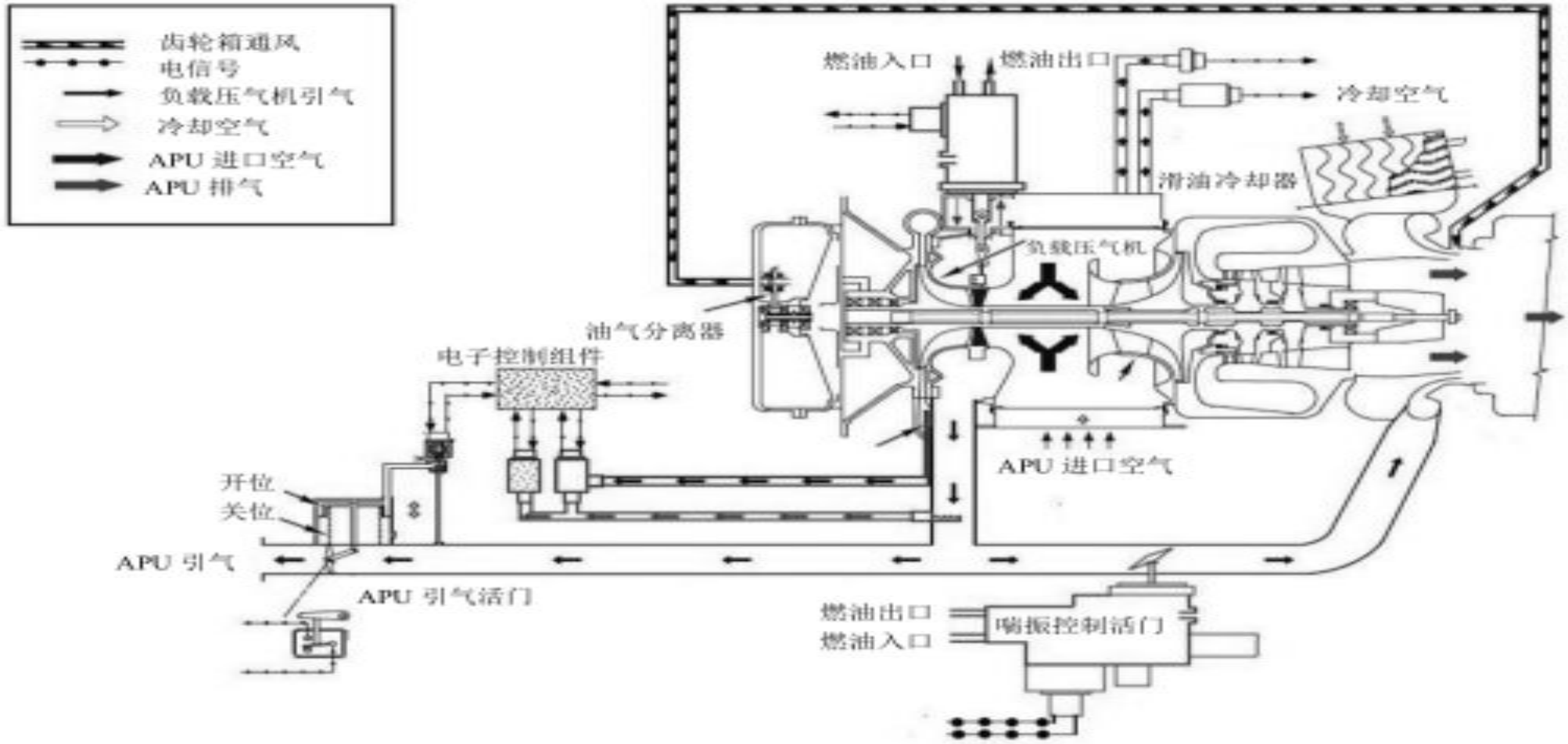
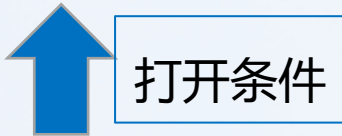


图 16-10 APU 的空气系统

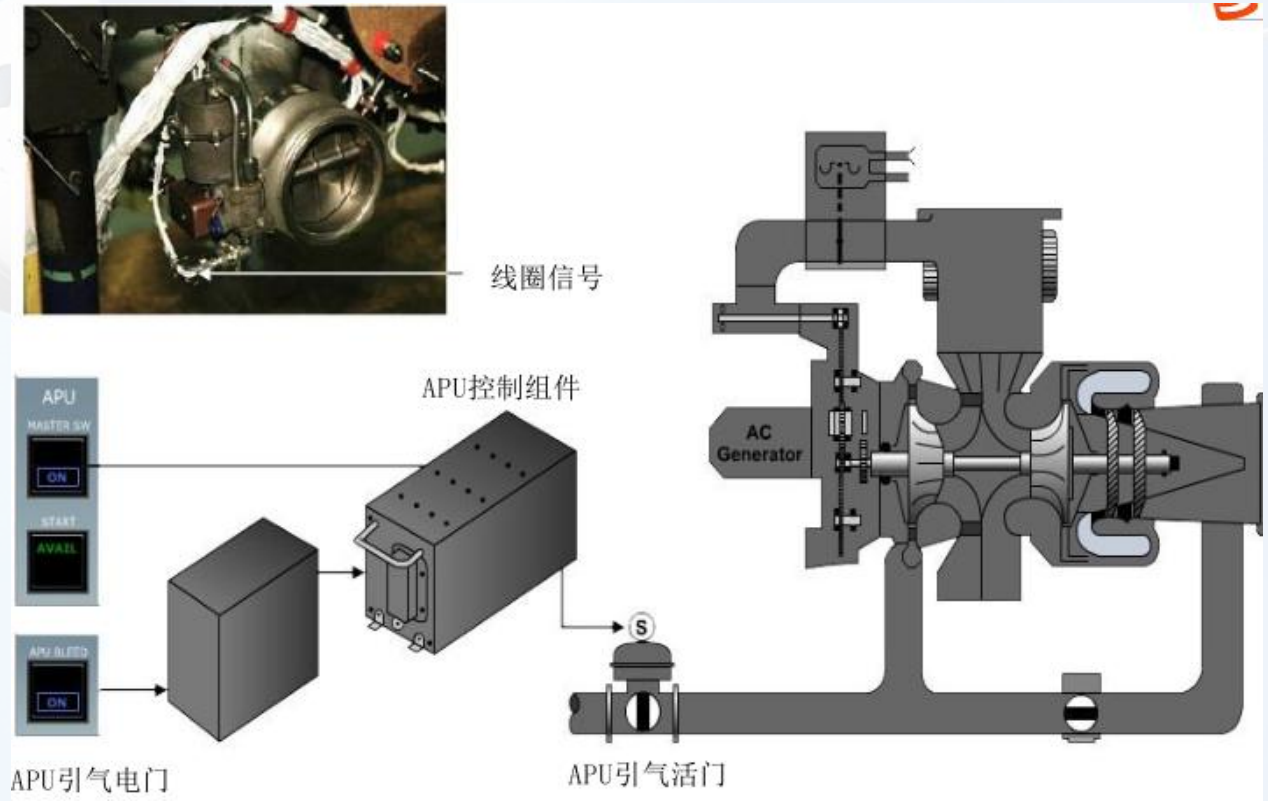
a 飞机引气

- ◆ 主发动机起动
- ◆ 空调
- ◆ 气动增压

引气活门 电磁线圈控制、气动操作



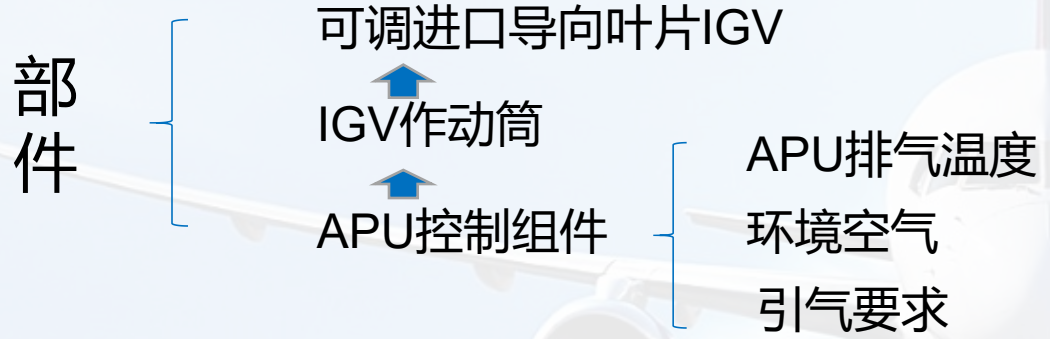
引气电门在ON位
APU起动完成 (转速95%以上)



APU时间延时器，确保APU在冷却期间无负荷运转

b. 负载压气机控制

降低了燃油消耗，提高了APU的使用寿命



- APU不工作和起动的期间，IGV关
- APU100%转速，IGV待命
- 引气电门ON→IGV部分打开→气源要求再开大
- 主发动机起动的时，IGV全开
- 排气温度过高时，IGV关小
- 空气密度减小时，IGV将大

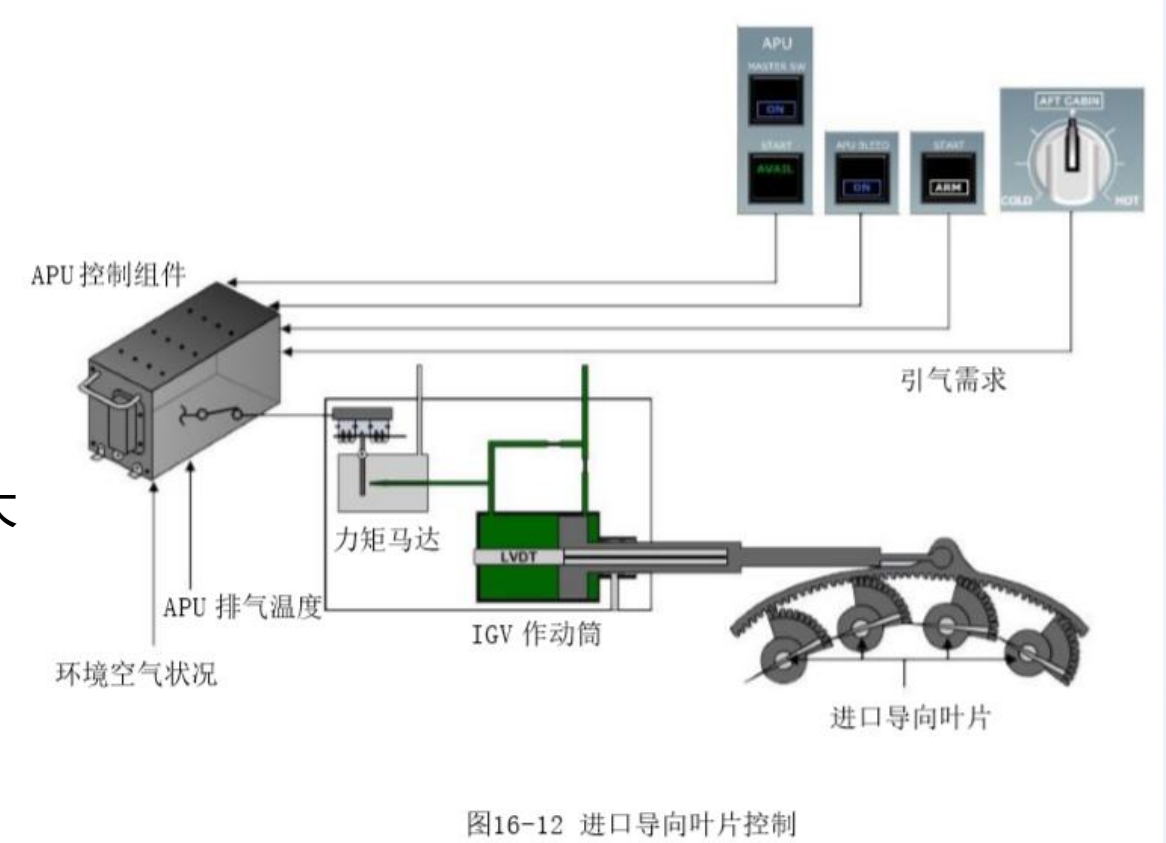


图16-12 进口导向叶片控制

c APU 防喘控制 **及时放出堵塞在压气机出口的空气**

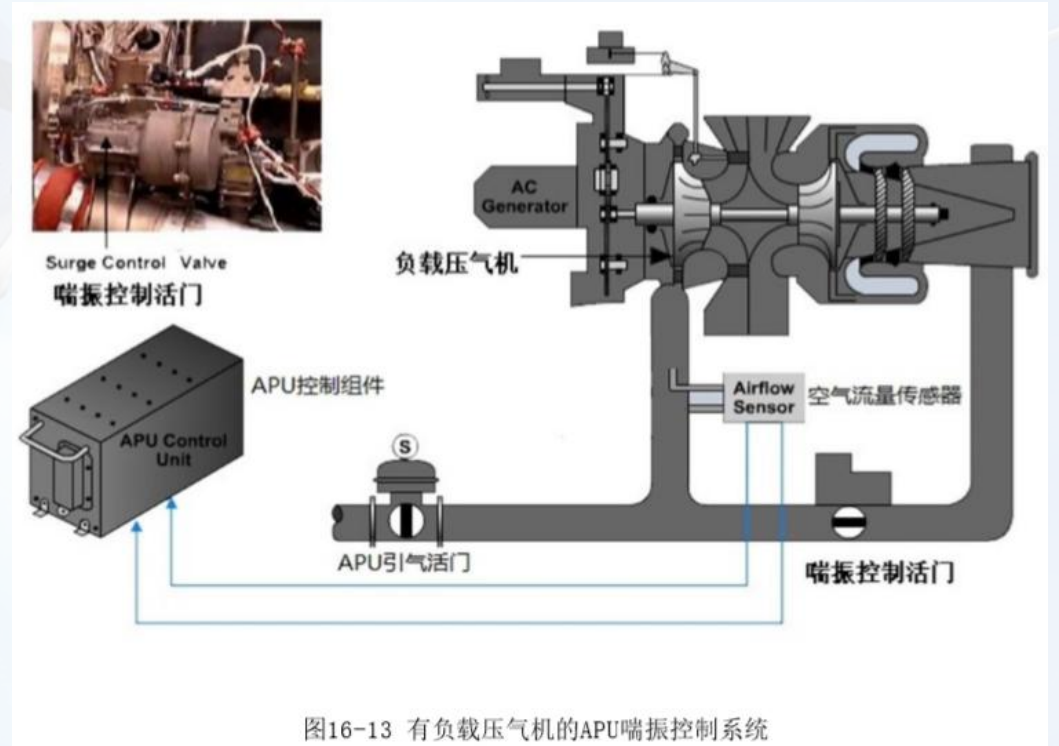
无负载压气机APU，打开防喘活门放气，耗油

感受空气流量减少或停止时，打开 Surge Control Valve

有负载压气机

ρ 小的高空易喘振，控制组件感受进口空气温度和压力的信号

APU100%转速，一定的引气量对应一个IGV的位置

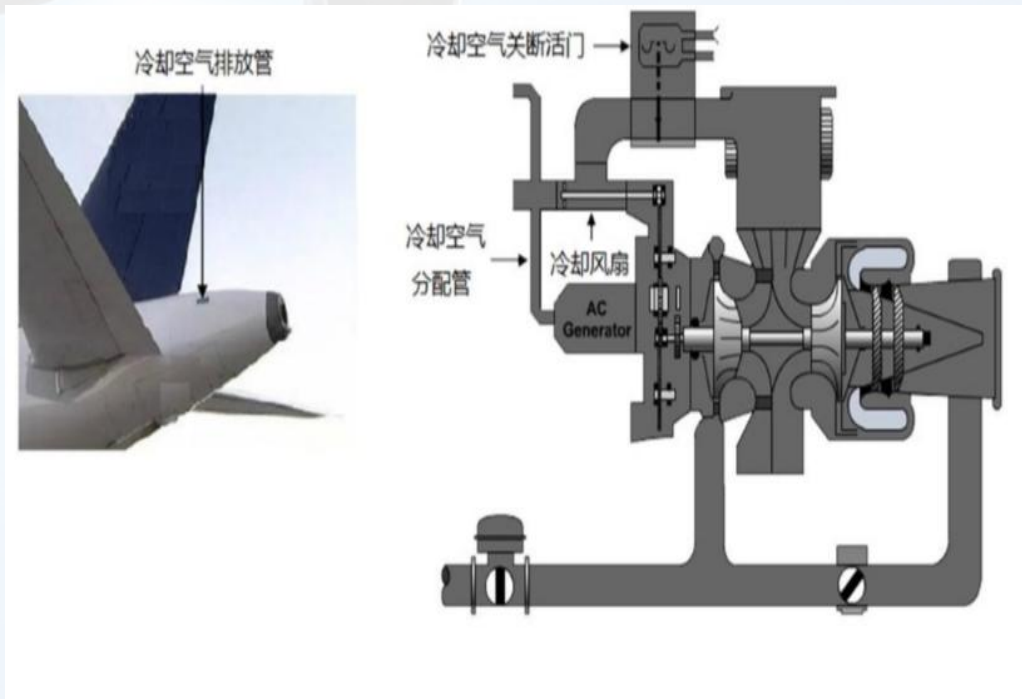


d APU 的冷却

APU、APU舱、滑油冷却器和交流发电机，原理是持久的空气流动

- ◆ 冷却空气关断活门 APU功率部分压气机引气压力气动操作
- ◆ 冷却风扇 附件齿轮箱传动，冷却
- ◆ 冷却空气分配管
- ◆ 排气管

起
动
压
力
足
够
，
活
门
打
开
，
关
车
，
活
门
关
闭



2.3 APU 滑油系统

a 作用和部件

作用：润滑和冷却APU的轴承和齿轮箱

主要 部件

- ◆ 滑油箱
- ◆ 供油泵
- ◆ 滑油滤
- ◆ 供油管道
- ◆ 滑油喷嘴
- ◆ 回油泵
- ◆ 滑油冷却器
- ◆ 回油管道

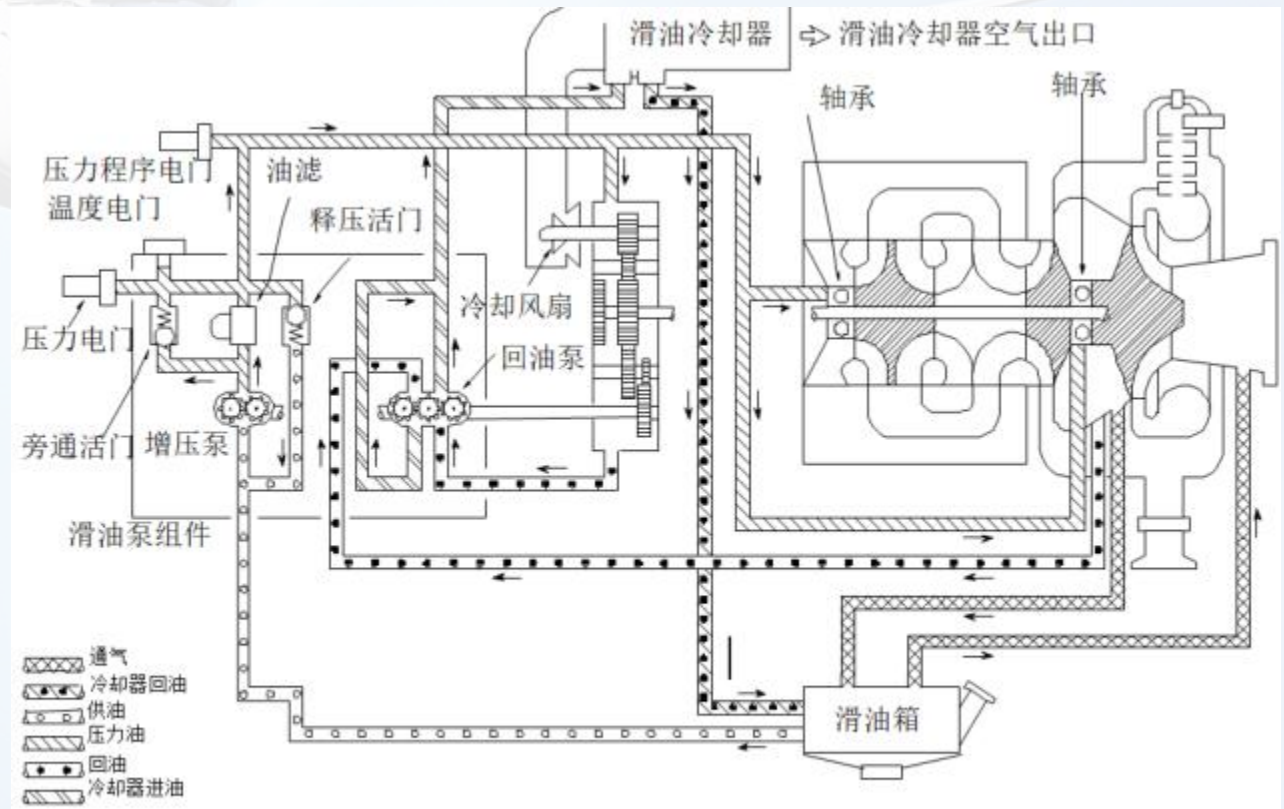
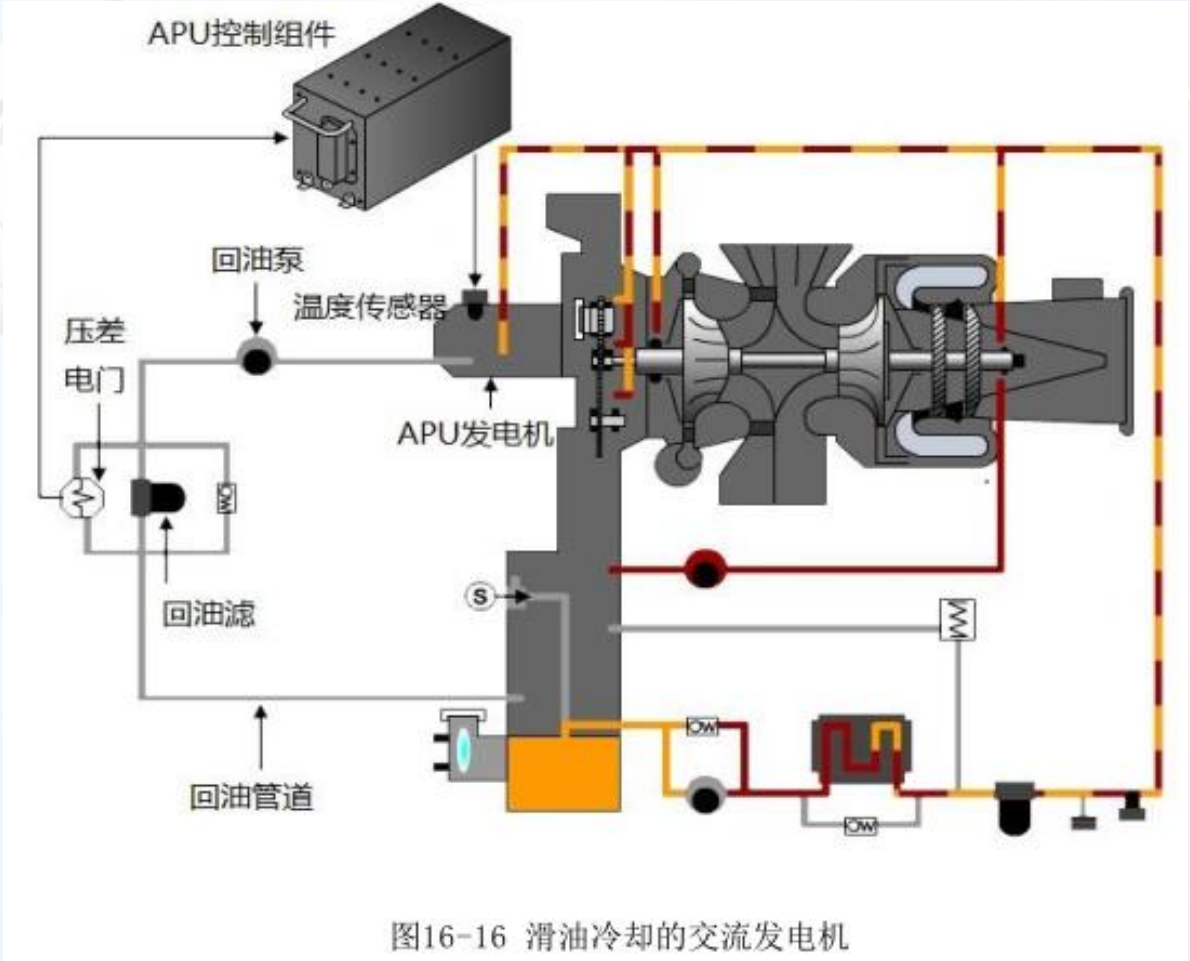


图16-15 APU的滑油系统

b 系统分类

- ◆ 供油
- ◆ 回油
- ◆ 通气 篦齿式空气密封



a) 供油

油箱→供油泵→供到
压力管路→滑油滤清
洁→APU的轴承和齿
轮箱

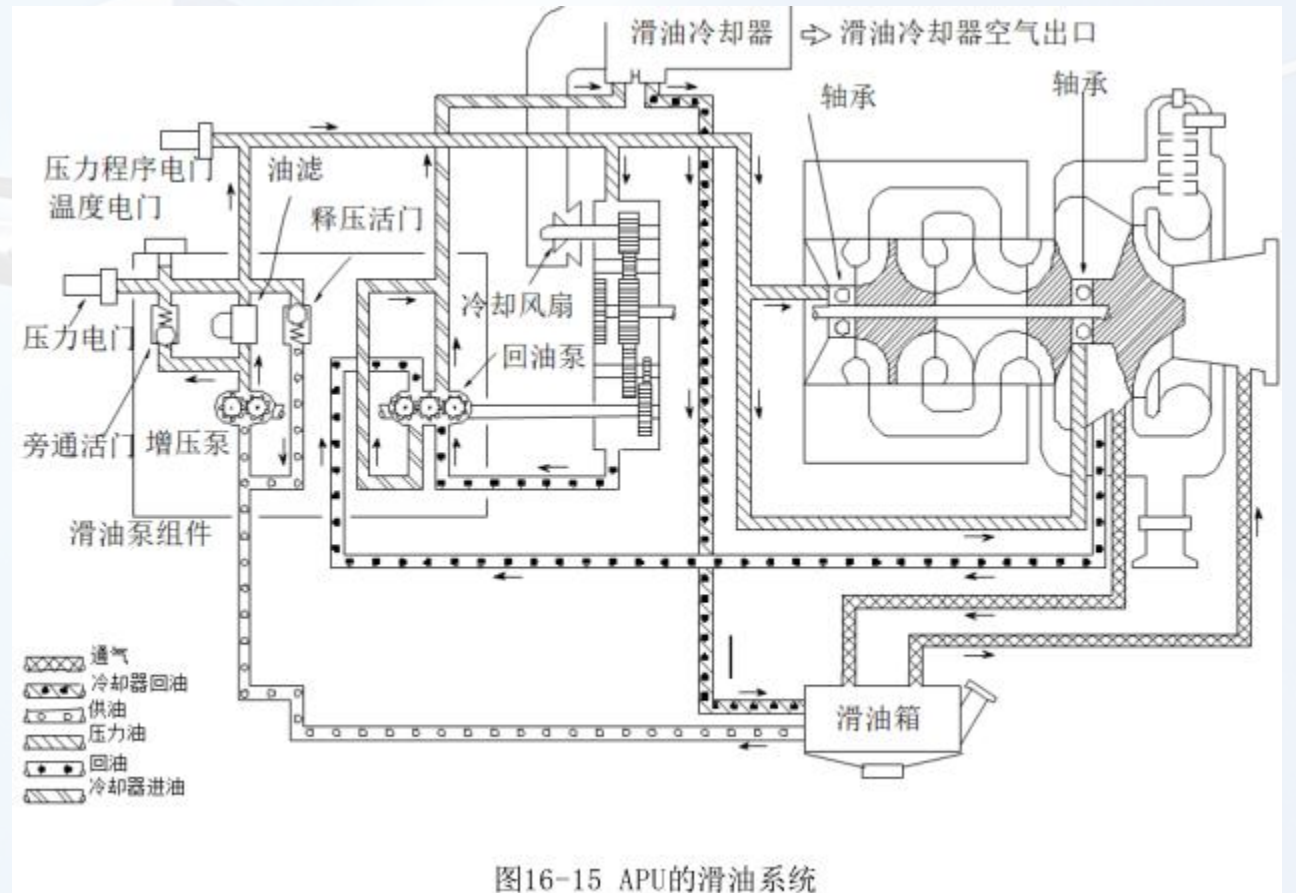
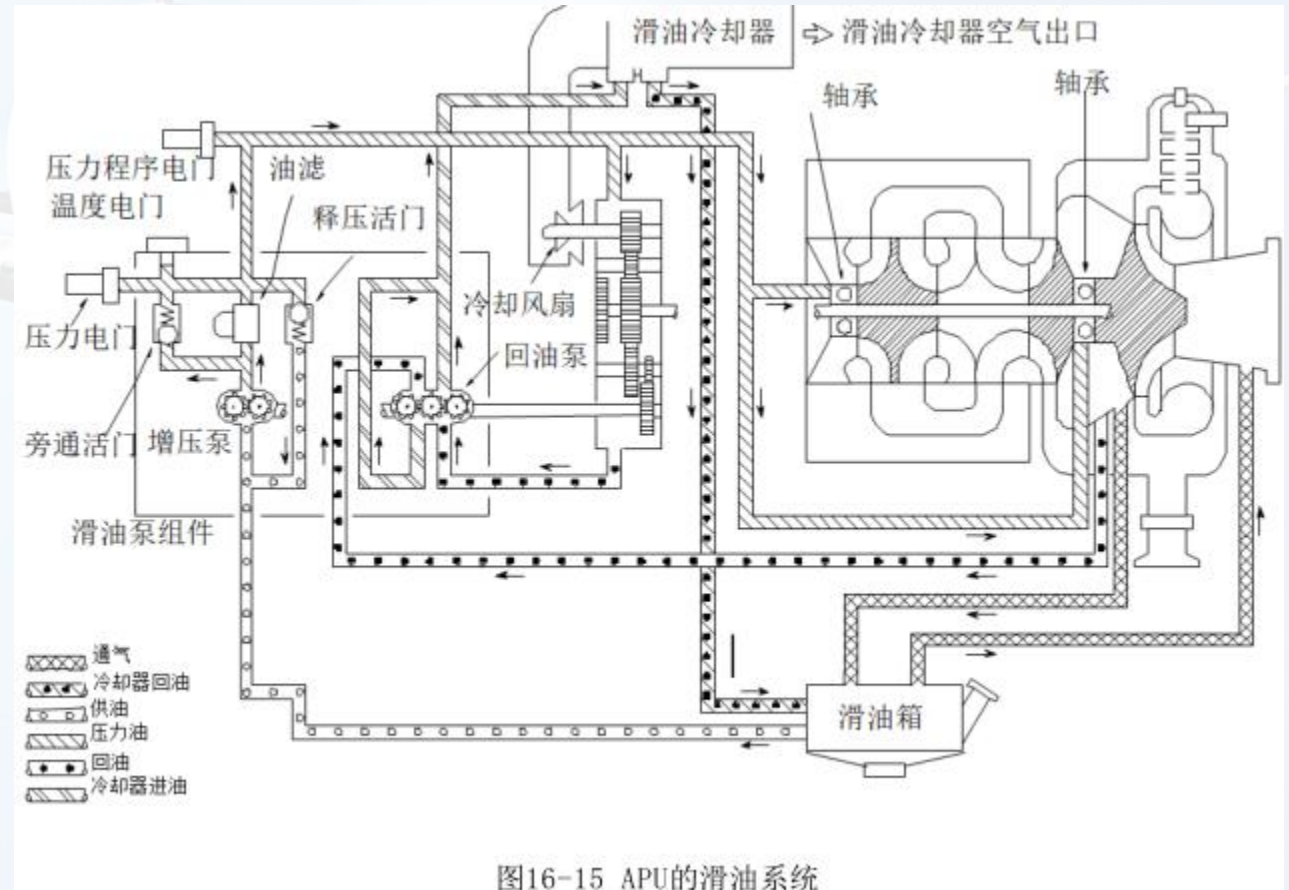


图16-15 APU的滑油系统

b) 回油

APU轴承腔和齿轮箱→
排油管路→回油泵→滑
油冷却器→回油管路→
滑油箱



c 通气

A 油气通气

篦齿式空气密封

APU附件驱动

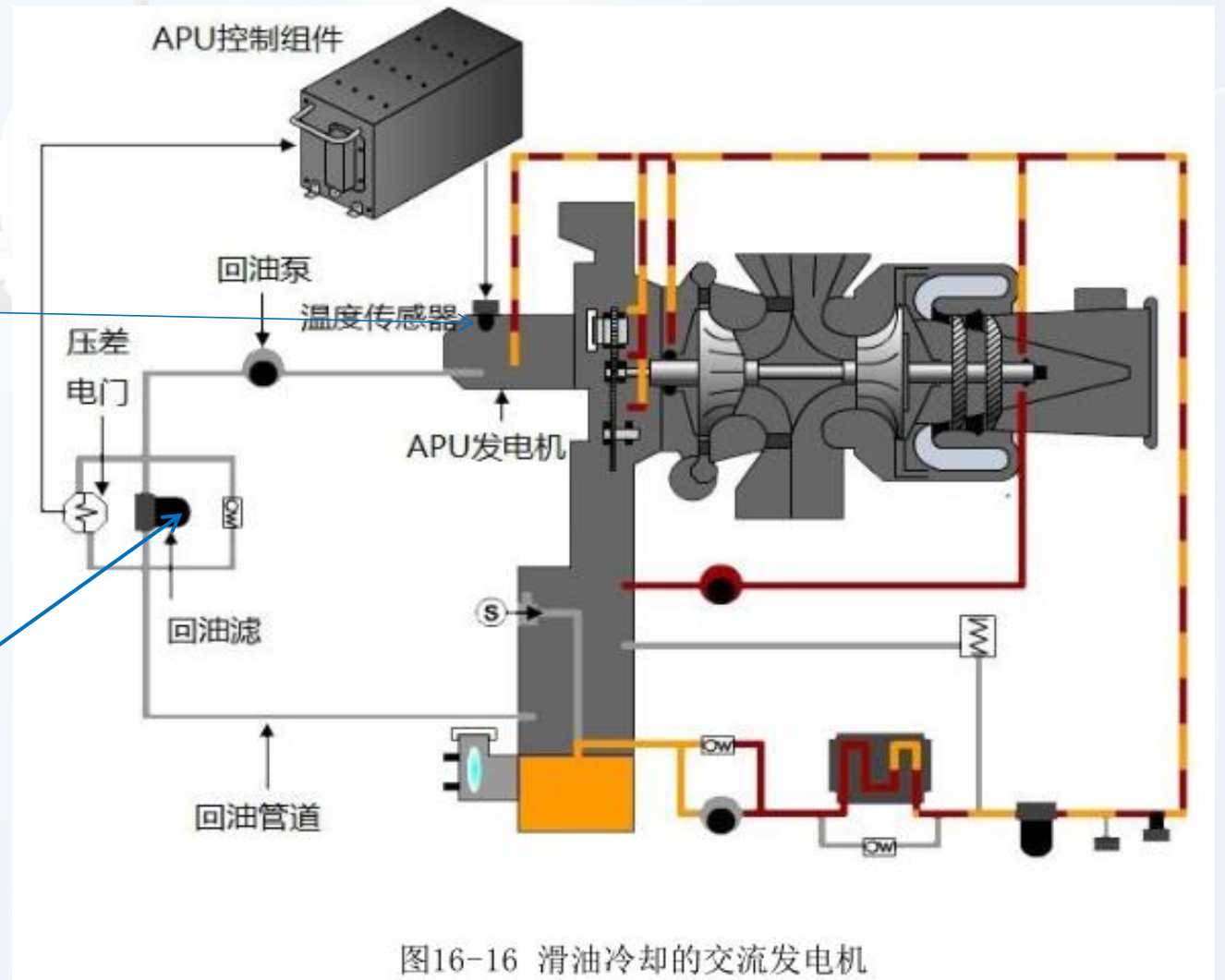


B APU发电机

用滑油系统的滑油冷却,独立的回油系统

温度传感器监测发电机滑油温度, 温度过高, APU控制组件控制APU自动关车

有压差电门和旁通活门, 压差电门指示回油滤堵塞更换或清洗, 旁通活门打开, 回油直接回到滑油箱



C 除滑油活门

作用：温度低，滑油粘度大，起动增加起动机功率，稀释

位置：齿轮箱高于滑油表面的位置设置一个除滑油活门

- ◆ 起动初始阶段，ECU打开除滑油活门，滑油泵从齿轮箱吸入空气，稀释滑油，减小摩擦力。
- ◆ 起动机脱离转速，ECU关闭除滑油活门
- ◆ 100%转速，活门未关闭，滑油压力将低于设定值，ECU自动关车
- ◆ 关车，ECU打开活门，排空供应和回油管道中的滑油，减少滑油喷嘴上的积炭

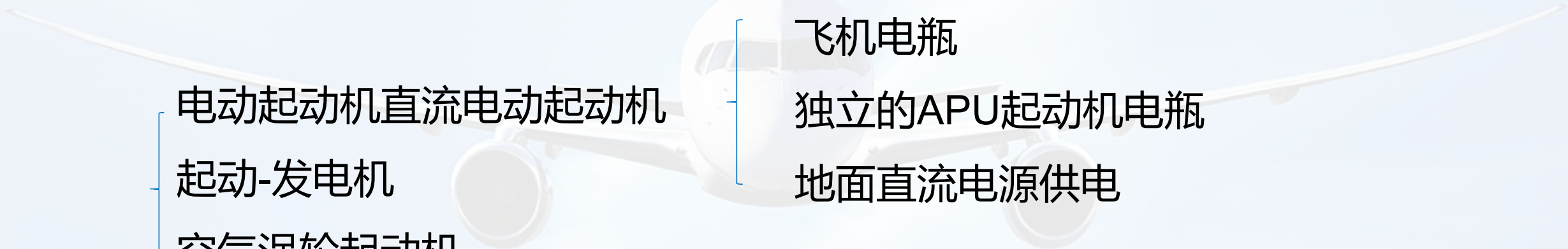
2.4 APU 启动和点火系统

a APU 启动系统

a) 部件

- ◆ APU控制电门 驾驶舱，APU的启动准备、启动和关车
- ◆ APU控制组件 常位于飞机的尾部，接受启动信号并闭合继电器
- ◆ APU起动机 附件齿轮箱上，提供APU的启动动力
- ◆ APU启动继电器 电子设备舱，控制飞机电瓶与起动机马达间导线的通断
- ◆ 飞机电瓶
- ◆ 导线

b) 起动机



电动起动机 直流电动起动机

起动-发电机

空气涡轮起动机

飞机电瓶

独立的APU起动机电瓶

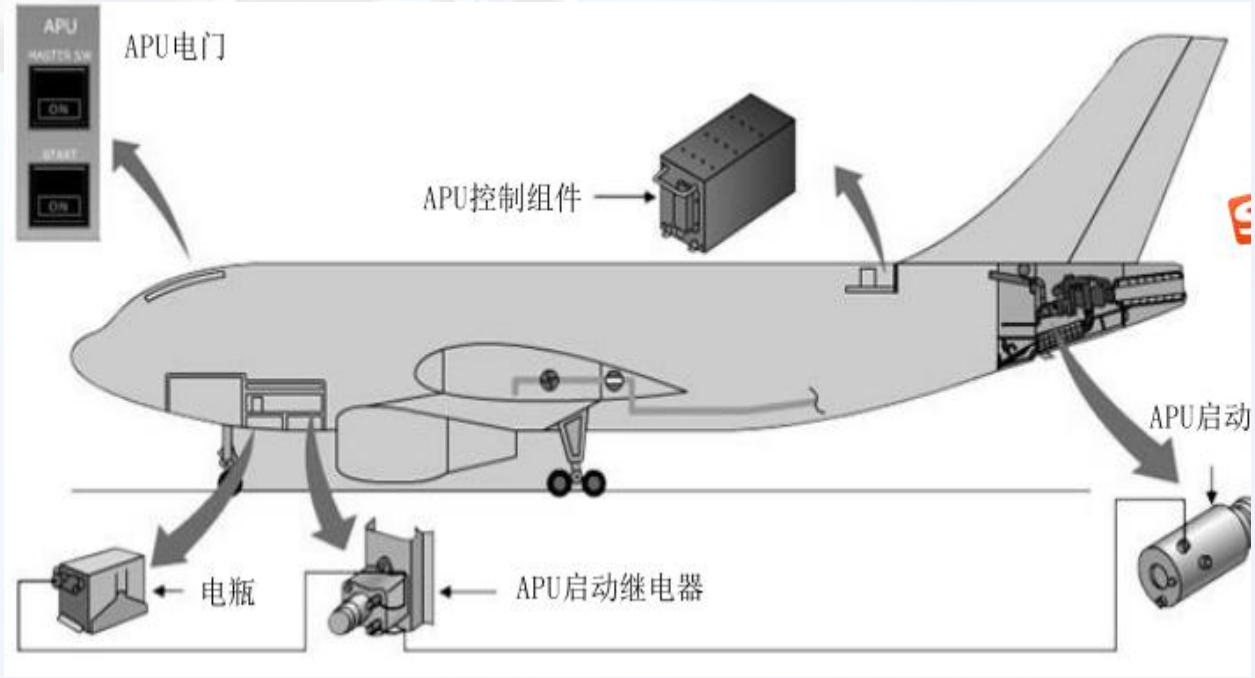
地面直流电源供电

起动机遵守：起动机**工作时间、冷却时间和循环次数**的限制，确保过应力和过热

c) 起动机离合器

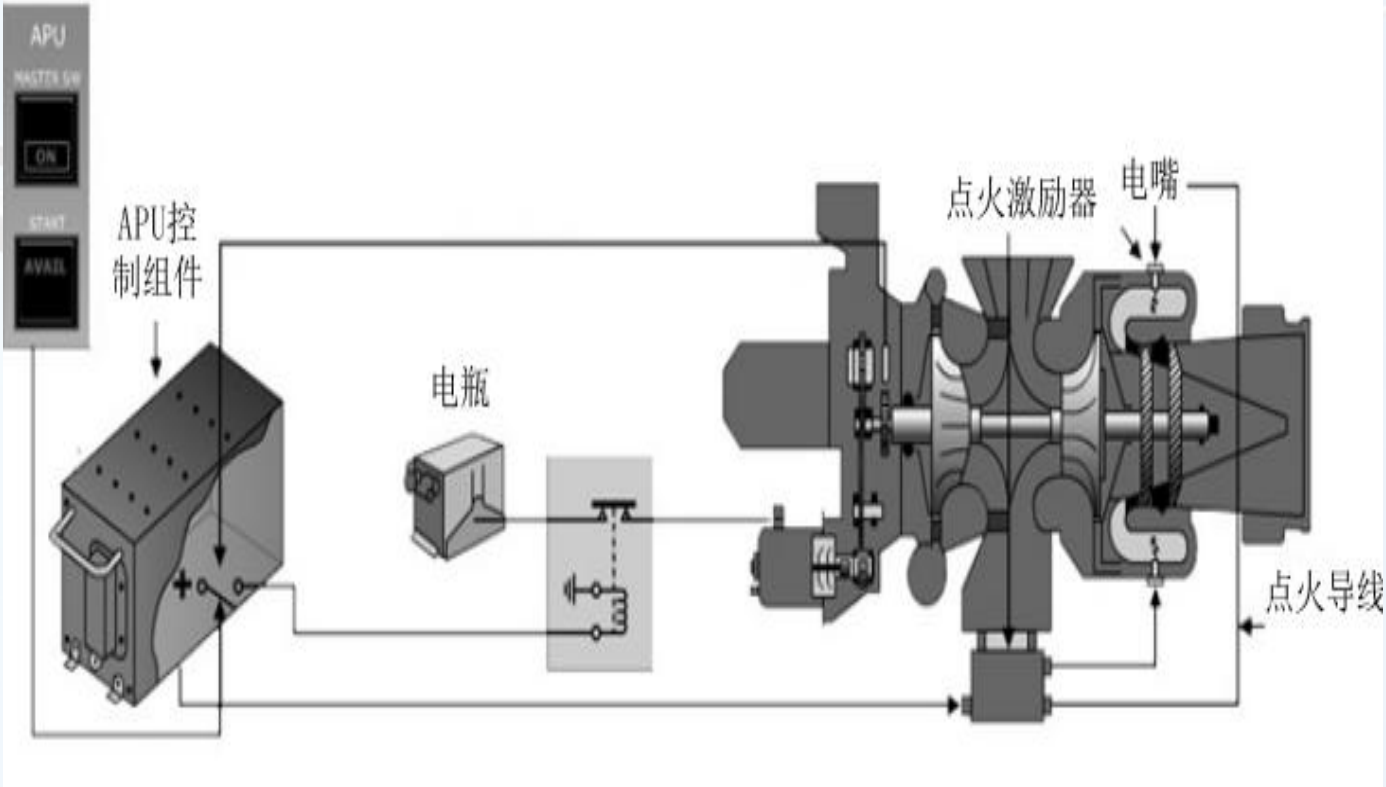
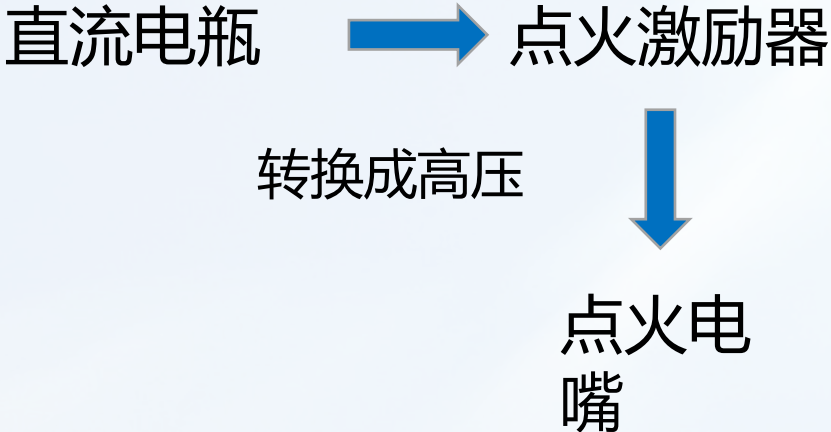
APU起动机 { 直流马达 电刷磨损指示器
起动机离合器 { 小型楔块式离合器
大型通棘轮型离合器，其结构位于起动机马达内

- ◆ 连起动机传动轴到齿轮箱传动
- ◆ 齿轮运转时离合器啮合，APU 到达转速自动脱开



b APU 点火系统

- APU控制组件
- 点火激励器
- 点火导线
- 点火电嘴



2.5 APU 的指示

a 空客飞机

APU页面显示如下信息：APU发动机的转速，APU的排气温度，APU进气门



APU发动机的转速

APU的排气温度

APU处于可用状态

APU进气门

b 波音

琥珀色，工作时，滑油压力低时，灯亮，APU自动关车

琥珀色，工作时滑油温度高，亮，APU自动关车

维护灯为蓝色，滑油量过低，亮

琥珀色，转速106%时，灯亮，APU自动关车

监控排气温度。感受排气温度，显示在P5上排气温度指示器

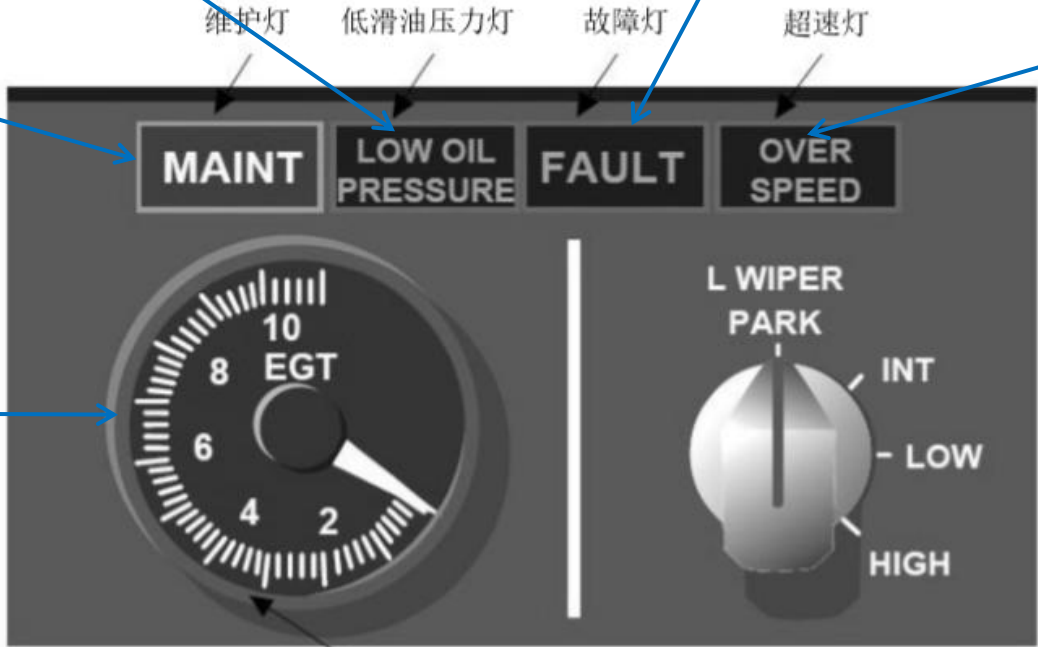


图16-20 B737飞机APU的指示

2.6 APU 的控制

a 启动电门

空客飞机, 按键式电门 { 主电门 (MASTER SW)
启动电门 (START)

波音, 扳钮式电门 { OFF
ON
START

启动电门位于驾驶舱



图 16-21 APU 的启动电门

b APU启动、关车

启动APU 驾驶舱

关车可以在驾驶舱、地面

紧急关车



APU不冷却立即关车

驾驶舱APU灭火手柄

外部在易接近的地方

前起落架

主轮舱

加油勤务面板



c APU的控制组件

特点

- ◆ ECU控制所有工作状态
- ◆ ECU或ECB → 作用：查找相关数据，自测试
- ◆ 相对发动机，相对简单的恒速控制

ECU运行方式控制APU

- ◆ APU的起动，起动直到100%的转速
- ◆ APU恒速控制，负荷变化时，保持转速恒定
- ◆ APU的关断，监视和控制APU关车

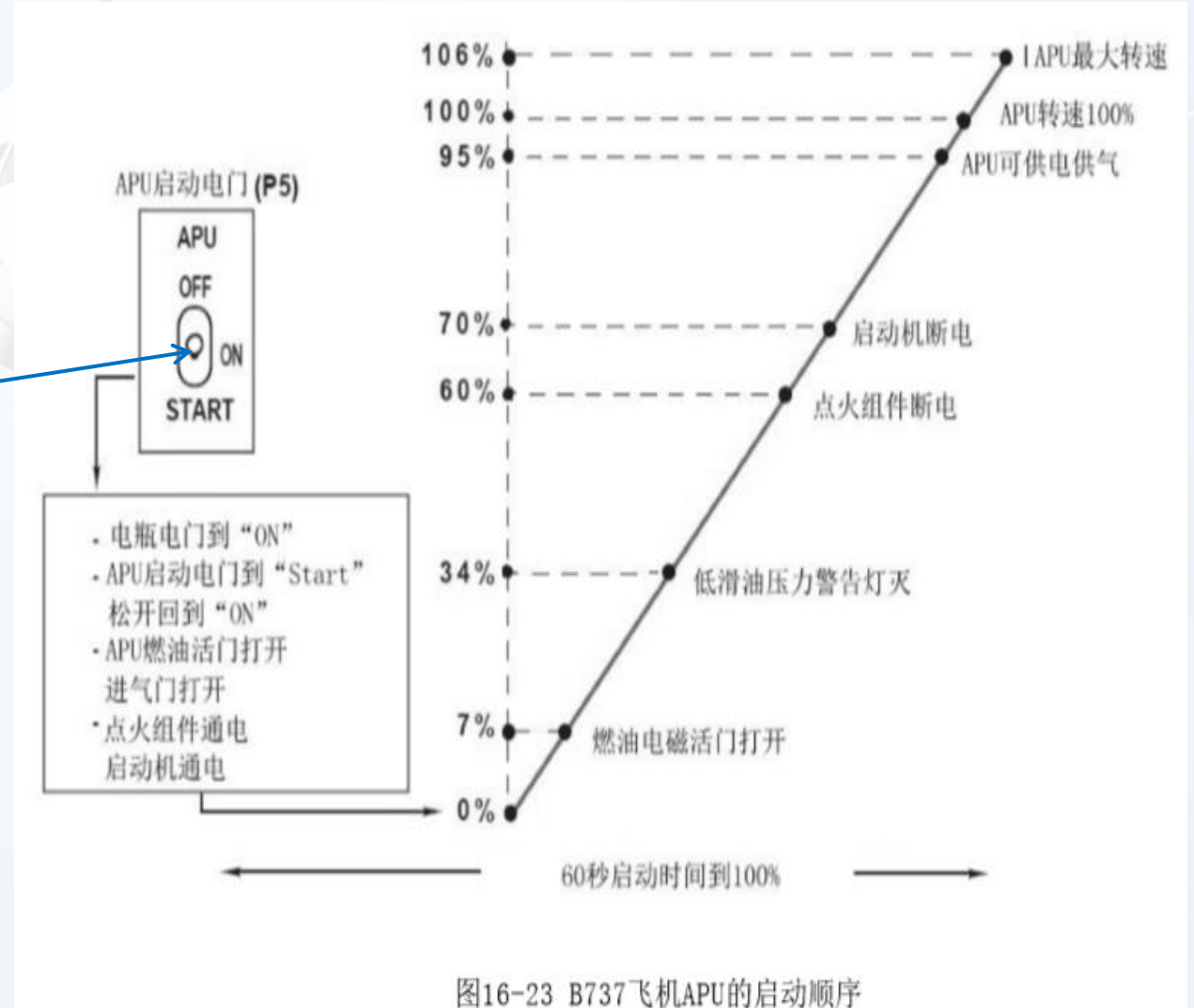
2.7 APU 的起动和关断

a APU 的起动

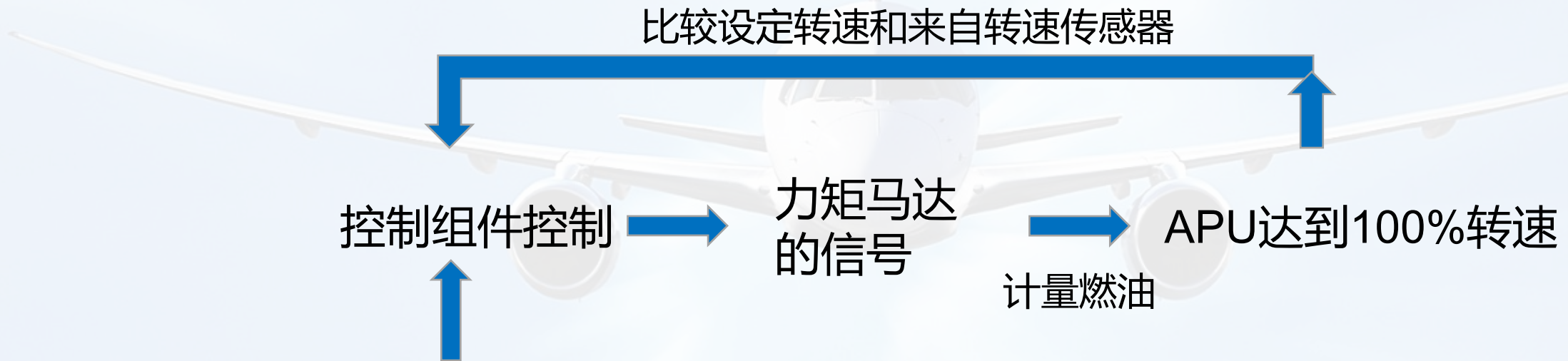
APU起动程序都是相似,ECU
控制起动顺序

拨到START (起动) 位置, 保持2s后释放, 开关将自动返回ON位

APU控制组件还使滑油压力
低灯点亮。进气门完全打开,
位置电门闭合, 给打开的信
号给APU控制组件



b APU的恒速控制



- ◆ 引气负载
 - ◆ 电负载
 - ◆ 空气进气温度
 - ◆ 空气进气压力
- 转速减小, APU控制组件增加燃油保持转速恒定, 但排气温度将增加
- 过高将使排气温度超限
- 压力的变化将改变空气密度

c APU的关断

正常关车 断引气和电气负载，继续0 ~ 120s后关断燃油，冷却后关车


自动关车

超限或重要部件故障，不冷却立即关车，在驾驶舱人工电门置于OFF位

- ◆ 排气温度高
- ◆ 超转
- ◆ 滑油压力低
- ◆ 滑油温度高
- ◆ 喘振

人工紧急关车

APU着火，驾驶舱或地面操作紧急人工或自动关车，不冷却立即关车。

A faint, light-colored silhouette of a commercial airplane is centered in the background of the slide.

5.3.8.3 典型辅助动力装置(APU)系统维护介绍

4.1 典型 APU 的部件识别

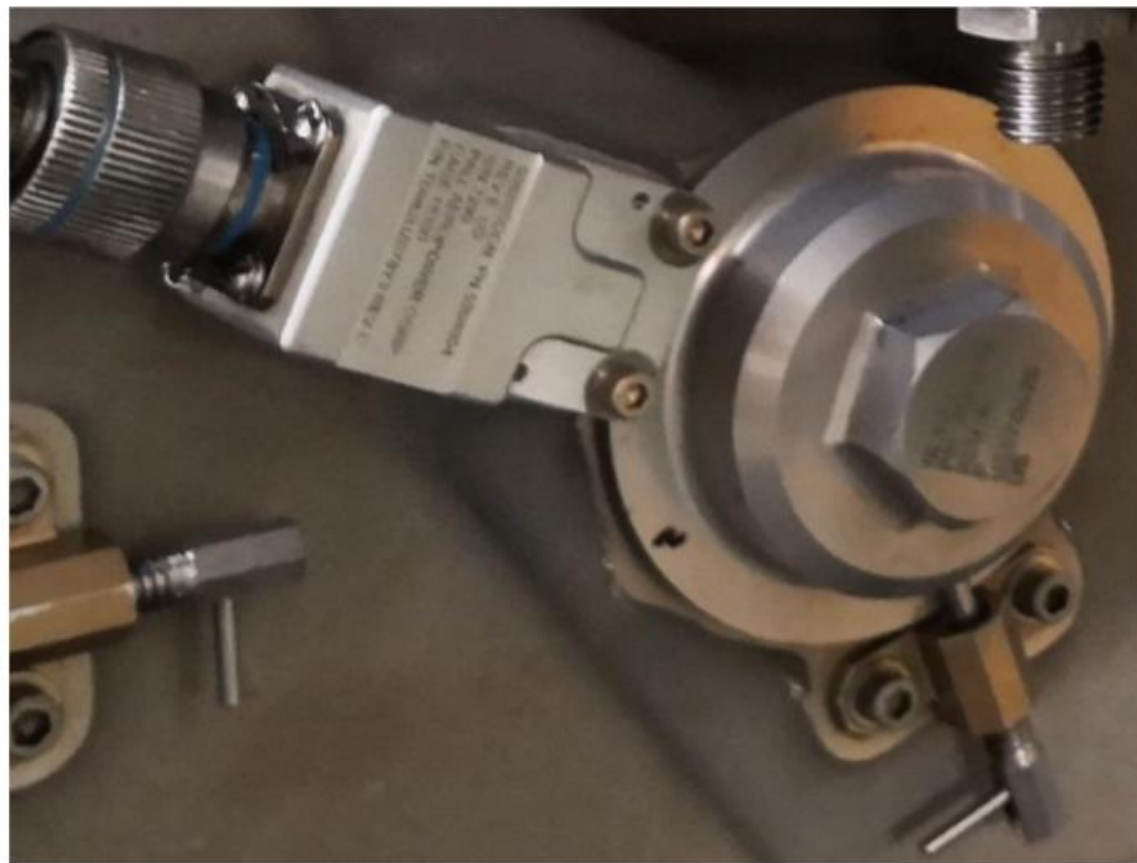


图 16-24 APU 的滑油滤



图 16-25 APU 的启动发电机



图 16-26 APU 的滑油冷却器

4.2 典型 APU 的常见维护及安全注意事项

APU启动时注意事项

◆ 不进入APU进气排气区域

进气口

尾喷口后方

空气滑油冷却器气流出口

◆ 不要在机库内启动APU

高温有害燃气

◆ 打开APU舱门进行试车

灭火剂不足以扑灭可能发生的火

◆ 加放油过程中，不要启动APU

◆ 起动机连续启动有时间和次数限制

启动不超过三次，三次再次启动需间隔1小时

连续启动起动机过热失效

◆ 启动前，参考维护手册做安全预防

小结:

序号	思考题
1	功用和组成
2	工作
3	典型APU发动机维护介绍



感谢聆听，欢迎指正